

조직 및 기공(수축) 제어

CGI 를 위한 프로세스 제어

CGI(Compacted Graphite Iron)를 생산하는 동안 가장 중요한 고려 사항은 마그네슘 페이딩으로 인한 편상 흑연의 형성을 피하는 것입니다. 베이스 처리 종료부터 주입 종료까지 10~15 분 동안 페이딩으로 인해 최대 0.003%의 Mg 이 손실될 수 있습니다. 베이스 처리된 철의 초기 시작점이 갑작스러운 CGI/회색 철 전이에 너무 가까울 경우 마지막으로 주입되는 주물에 편상 흑연이 포함될 수 있습니다. 주조를 시작할 때 철의 응고 거동을 아는 것만으로는 충분하지 않습니다. CGI 의 안정적인 대량 생산을 위해서는 마지막 주입된 용탕의 흑연 형상도 결정할 수 있는 측정 기술이 필요합니다.

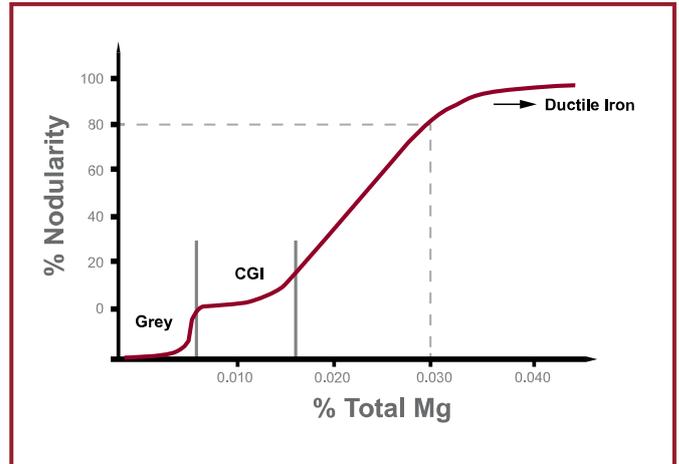


그림 1: CGI 흑연에서 편상 흑연으로의 급격한 전환은 0.001% Mg 미만에서 발생합니다

마그네슘 페이딩

플레이크 흑연은 CGI 미세 구조에서 플레이크 패치로 처음 나타납니다. 마그네슘이 충분하지 않으면 흑연은 플레이크 형태로 성장하기 시작합니다. 고체화 전면이 방사형으로 바깥쪽으로 진행되면 활성 마그네슘이 고체/액체 계면 앞에서 분리됩니다. 초기 마그네슘 함량과 응고 속도에 따라 Mg 분리는 셀 주변의 안정적인 압축 흑연 성장을 초래할 수 있습니다. 국부적인 응고 조건이 플레이크 패치 형성을 허용하면 이러한 패치가 여러 개 증가하고 CGI 의 기계적 특성이 20~30% 감소합니다.

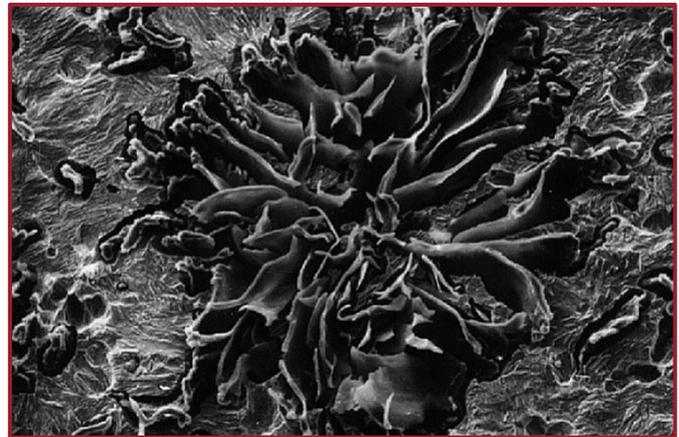


그림 2: 마그네슘 처리가 불충분한 경우 개별적인 플레이크 패치가 형성됨

구화, 플레이크 및 강도

편상 흑연의 존재는 CGI 의 기계적 특성을 즉시 변화시킵니다. 날카로운 플레이크 가장자리는 균열 시작을 가능하게 하는 반면, 매끄러운 플레이크 표면은 플레이크/금속 계면을 따라 박리를 통해 균열 전파를 촉진합니다. 소량의 편상 흑연이라도 존재하면 인장 강도 및 탄성 계수가 갑자기 20~30% 감소합니다. 플레이크 패치 형성의 시작에 따라 피로 강도와 충격 인성도 상당히 감소합니다. 복잡한 CGI 주물의 전형적인 높은 탄소 함량(3.6~3.8%C)은 플레이크 함유 영역의 강도를 더욱 감소시킵니다. CGI 조성물로 제작된 완전 A-Type 플레이크 구조물은 상온 인장 강도가 200 MPa 미만입니다

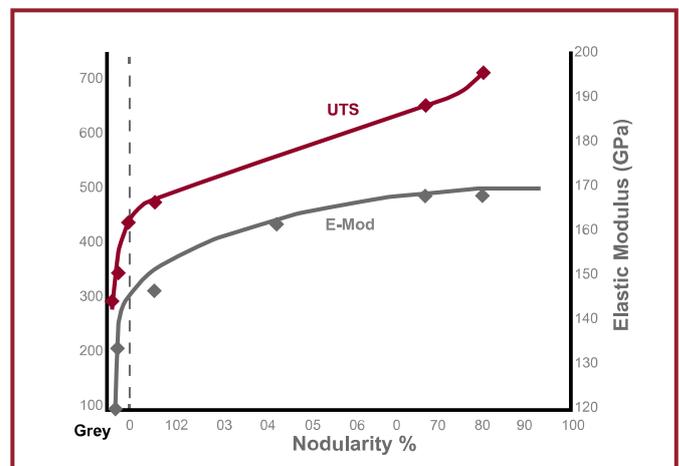


그림 3: 편상 흑연이 나타나는 즉시 강도 및 강성이 20~30% 감소합니다

조직 및 기공(수축) 제어

대부분의 CGI 사양은 0-20%의 구화율을 허용하지만 실린더 블록 및 헤드와 같은 많은 복잡한 구조물은 20%의 구화율 한계에 도달하기 전에 수축 결함이 발생합니다. 그림 1 에서 보는 바와 같이, CGI 윈도우 내의 구화율은 약 0.006% Mg의 범위에 걸쳐 비교적 일정할 수 있으나, 상기 범위 내에서 Mg 함량이 증가함에 따라 수축 기공극의 시작이 시작될 수 있습니다. 이는 그림 4 에 나타나 있습니다. 여기서 유사한 미세 구조를 가진 두 개의 테스트 피스는 수축 거동이 상당히 다릅니다(평판 바닥 대 곡선 바닥의 내부 공극률).

SinterCast 열 해석 측정 및 제어 프로세스는 CGI 창 하단에서 CGI 생성을 제어하여 최적의 수축 저항을 제공하기 위해 특별히 개발되었습니다. 그림 4 의 미세 구조는 실질적으로 동일하지만 SinterCast Modification Index(MGM) 값은 36 과 45 로 다공성 결함을 측정하고 방지하는 데 필요한 분해능을 제공합니다

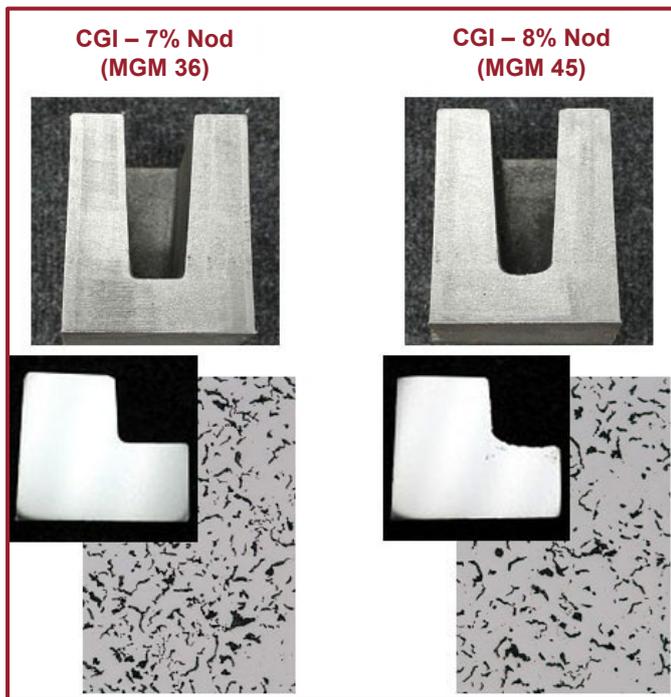


그림 4: 마그네슘이 증가하면 미세 구조의 변화가 관찰되기 전에 수축 결함이 발생할 수 있습니다. 두 개의 테스트 조각은 동일한 1 톤 래들 제작되었습니다. 유일한 차이점은 두 번째 샘플을 주조하기 전에 60g 의 Mg 을 첨가하는 것입니다.

SinterCast 샘플링 컵

SinterCast 열 분석 측정은 특허 받은 샘플링 컵을 용탕에 담그는 방식으로 이루어집니다. 침전 샘플링을 통해 샘플링 컵과 용탕이 열 평형을 이루도록 하여 냉각에 의한 응고를 방지하고 용탕샘플이 열 분석 용기에 주입될 때 발생하는 산화를 방지합니다. CGI 창이 너무 작기 때문에 모든 측정된 차이가 샘플링 기법의 변화 때문이 아니라 철의 응고 거동에 기인하는지 확인하는 것이 중요합니다. SinterCast 소프트웨어는 각 분석을 시작할 때마다 6 개의 별도 제어 검사를 수행하여 모든 샘플이 일관되게 획득되도록 합니다.

SinterCast 샘플링 컵의 바깥쪽은 페이딩을 시뮬레이션하기 위해 활성 마그네슘을 소비하는 반응성 코팅으로 처리됩니다. 코팅은 샘플링 컵 하단의 흐름 분리 영역의 마그네슘 함량이 샘플링 컵 중앙의 마그네슘 함량보다 0.003% 낮아지도록 설계되었습니다. 용탕의 초기 마그네슘 함량이 편상흑연 경계에 너무 가까우면 흐름으로 분리된 영역은 편상흑연으로 응고되고 중앙 영역은 CGI 로 응고 되어집니다.

SinterCast 샘플링 컵에는 보호용 강철 튜브에 재사용 가능한 열전대 2 개가 들어 있습니다. 첫 번째 열전대는 샘플의 열 중심에 위치하고 두 번째 열전대는 용탕에 둘러싸인 보호 튜브의 제일 낮은 부분에 위치합니다. 따라서 중앙 열전대는 주조 시작 시 응고 거동을 나타내며 하단 열전대는 주조 종료 시 응고 거동을 시뮬레이션합니다.

이 특허받은 마그네슘 환원 반응을 통해 주조 공장은 안정적인 CGI 창 하단에서 CGI 생산을 안정적으로 제어하여 최적의 CGI 조직을 제공하고 수축 결함을 방지할 수 있습니다.

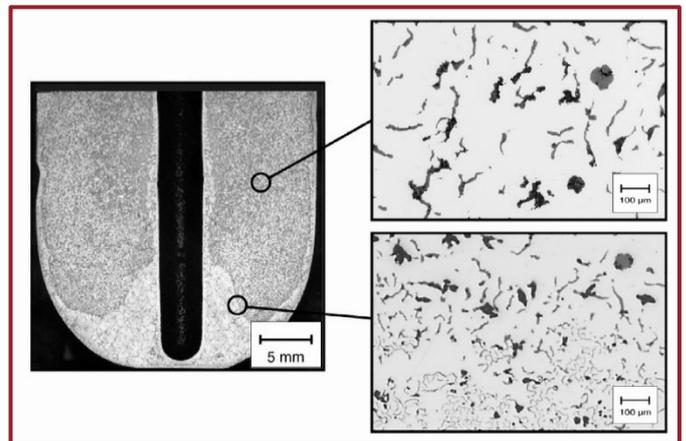


그림 5: 바깥쪽의 코팅은 마그네슘을 소비하여 SinterCast 샘플링 컵 바닥의 페이딩을 시뮬레이션합니다